

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(4) **Japanese Patent Application Laid-Open No. 57-162340 (1982)**

**"ANNEALING METHOD FOR SILICON SEMICONDUCTOR"**

The following is English translation of an extract from the above-identified

5 document relevant to the present application.

Nine flashing light discharge lamps 3 are closely arranged in zigzag shape as illustrated in Fig. 2 where five lamps are disposed in a plane  $S_1$  and four lamps are disposed in a plane  $S_2$ . This flashing light discharge lamp group consisting of nine  
10 flashing light discharge lamps forms a flashing light plane light source of about 50 mm  $\times$  40 mm in size. A plane mirror 4 is disposed in a plane  $S_3$  close to the plane  $S_2$ . A sample table 5 that can be preheated by a heater and the like is arranged to be apart from the light source about 10 mm (= H), thereby forming an annealing furnace as a whole.

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開  
 ⑪ 公開特許公報 (A) 昭57-162340

⑫ Int. Cl.<sup>3</sup>  
 H 01 L 21/324

識別記号 庁内整理番号  
 6851-5F

⑬ 公開 昭和57年(1982)10月6日  
 発明の数 1  
 審査請求 未請求

(全 8 頁)

④シリコン半導体のアニール方法

②特 願 昭56-46256

③出 願 昭56(1981)3月31日

④發明者 荒井徹治  
 姫路市別所町佐土字春日1194番  
 地ウシオ電機株式会社播磨工場  
 内

⑤発明者 五十嵐龍志

姫路市別所町佐土字春日1194番  
 地ウシオ電機株式会社播磨工場  
 内

⑥出願人 ウシオ電機株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6  
 番1号朝日東海ビル19階

明細書

1. 発明の名称 シリコン半導体のアニール方法  
 2. 特許請求の範囲

あらすじめ温度  $T_A$  (°C) に予熱加熱されたシリコン半導体を、閃光放電灯からの閃光照射でアニールするにあたって、シリコン半導体の反射率を R、閃光のパルス巾 ( $\frac{1}{2}$ 波長) を  $t$  (マイクロ秒)、シリコン半導体上における照射強度を E (ジュール/cm<sup>2</sup>) とした時、しが、 $70 \leq t \leq 780$  の範囲である。

$$2.3 \times 10^{-3} \leq \frac{(1-R)E}{1410 - T_A} \leq 3.8 \times 10^{-3}$$

なる関係が維持される条件でアニールすることを特徴とするシリコン半導体のアニール方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、シリコン半導体のアニール方法に関するもの。

シリコン半導体を基板として、粒々の SiC、LSI 等を製作する場合、不純物イオンとしてリン (P)、ホウ素 (B)、ヒ素 (As) 等を高エ

ネルギーでイオン打ち込みすることができる。この場合、良く知られるように、シリコン半導体に結晶損傷が生ずるので、このイオン打ち込み工程後、必ず結晶損傷回復のためのアニール工程を必要とする。

従来、このアニール工程では、電気炉法とレーザーピーム法とが知られていて、いずれも实用上問題が多く、ごく最近では、閃光放電灯による閃光照射を利用するところが検討されている。

閃光放電灯は周知の如く、一般には、ガラス管、特殊なもので透光性セラミック管の封筒バルブを有し、閃光照射の強度を大きくすると閃光放電灯の使用寿命が著しく短くなる欠点があるとともに、シリコン半導体の表面は平滑面ではなくて、（繊維状の、皮膚状の） まために鏡面加工されていて、シリコン半導体上における照射強度を定めるだけでは、必ずしも良好なアニールは実行できない。例えば、ドーピング効率が % 以上のアニールを閃光放電灯の照射のみで実現しようとするとなれば、実際にはかなりの困難となる。

上記理由から、アニール成形の昇温エネルギーを  
一丘全部閃光放電灯からの閃光明射によることを  
避け、もう少しめらか温度まで予備加熱しておいて  
比較的閃光明射の強度が小さく済むよう平  
備加熱方式（サーキルリスト法）を採用し、更に、シリコン半導体の反射率も考慮してうえで閃  
光明射の強度は定め方があつた。

ところで、反射率 $R$ を有するシリコン半導体に、パルス巾(1/2波長)を(マイクロ秒)の間光 $E$ シリコン半導体上にあたる照射強度 $E$ (ジール/ $\text{cm}^2$ )を与えると、シリコン半導体の表面の上昇温度は、パルス巾があると50マイクロ秒以上で、直線的に次式で与えられる。

式(4)において、 $\alpha$ はその物質の特性の温度における、熱伝導率、 $E$ は、比熱等で定まる定数。 $(1 - \tilde{R}) \cdot E$ は、その物質に吸収された単位面積当たりのエネルギーである。したがって、3ニール温度の上限値を  $T_H$ 、半偏加熱された温度を  $T_A$ とすると、閃光照射によって昇華すれば良い温度差は、

$$2.3 \times 10^{-3} t^{0.27} \leq \frac{(1/\sim R) \cdot E}{1410 - T_A} \leq 3.8 \times 10^{-3} t^{0.28}$$

はる關係が維持される条件でマニールすることにある。

以下図面を参照しほばら本発明の実施例を説明する。

第1図日本発明に使用する間光放電灯の説明図であつて、1は一対の電極、2は封筒バルブである。3-7長さは40mm、バルブ内径Dは8mm、外径は10mmの寸法を有する直管形のものを示す。この間光放電灯3を、第2図に示すように、平面S<sub>1</sub>内に5本、平面S<sub>2</sub>内に4本、合計9本が手ドリ状に整然とマ配置され、この9本の間光放電灯群によつて、約50mm×40mmの間光面光源が形成されるように配置する。そして、平面ミラー4を、平面S<sub>2</sub>に近接した平面S<sub>3</sub>内に配置し、ヒート等で予偏加熱できるようにして試料台5と、光源から約10mm(=H)離間して配置して、全体をアーチ炉として構成する。

第2回のミニーラバにおひで、シリコン半導

$T_H - T_A = \alpha \cdot (1 - R) \cdot E \cdot b^b \dots \dots \quad (2)$   
 めでて手元で良い。そして更に、式(2)を変形して  $\alpha$  を  $\alpha'$ 、 $b$  を  $b'$  と置き替えると、

$$(1 - \widehat{R}) \cdot E = (T_H - T_A) \cdot a' \cdot t^{b'} \dots \dots \quad (3)$$

63

$$\frac{(1 - \bar{R}) \cdot E}{T_H - T_A} = a' \cdot t^{b'} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

卷之三

本発明は係る観点から、予備加熱温度、反射率、パルス巾、照射エネルギー等の要因を考慮して工夫してドーピング効率が45%以上で、良好なシリコン半導体のスピニール活性を提供することを目的としてなされたものであつて、その特徴とするところは、より少ない温度 $T_A$ (℃)に予備加熱されたシリコン半導体を間差放電灯からの閃光照射してスピニール活性にあつて、シリコン半導体の反射率を $R$ 、閃光のパルス巾( $\frac{1}{2}$ 波長)を $t$ (マイクロ秒)、シリコン半導体上における照射強度を $E$ (ジュール/cm<sup>2</sup>)とした時、じぶんを $E$ を $280 \times R^2 t^2$ とあつて、

倍のウエハー 6 倍、試料台上に配設されることに  
なるが、ウエハー上における照射強度  $E$  ( $\text{ジューラ}/\text{cm}^2$ ) 及びパルス巾  $t$  (2170 秒) は、陽光放電灯に供給される電気入力及び電気回路条件を変え  
ることによつて、また予備加熱温度  $T_A$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) はヒー  
タの温度を変えることによつて、種々の値を選  
択でき、アニール実験に供したウエハーは、結晶  
粒場の深さが大体  $0.2 \mu\text{m} \sim 1.0 \mu\text{m}$ 、ウエハーの厚  
みは、 $300 \mu\text{m} \sim 650 \mu\text{m}$  のものをサンプルとし  
てある。

第3回は予備加勢温度TA=陽射エネルギーE、  
 ペルス巾 $\tau$ を変えて測定した2枚の実験結果を  
 す：軸 $\alpha_1$ ，にて軸 $\alpha_2 = \frac{(1-R)-E}{T_H - TA}$ として整理して  
 みたところ、X印は $\alpha_2 = 1$ 不足または不良、  
 O印は $\alpha_2 = 1$ 良好を示し、 $\tau$ が70～780μ範  
 囲内で、直線 $X_1$ と $X_2$ との間の区域が、良好なア  
 ニールが出来ることを示している。そして、この  
 データの数値にもとより適当ように式(5)  
 の定数 $T_H$ および $a'$ ， $b'$ を求め、 $T_H = 1410(^{\circ}\text{C})$ 、  
 $X_1$ における $O' = 2.3 \times 10^{-3}$ ， $b' = 0.27$ ， $X_2$ における

$\alpha' = 3.8 \times 10^{-3}$ ,  $b' = 0.28$  を決定した。又、反射率  $\bar{R}$  は、次式で(5)で定義している。

$$\bar{R} = \frac{\int R(\lambda) \cdot I(\lambda) d\lambda}{\int I(\lambda) d\lambda} \quad \text{---(5)}$$

こゝにおいて、入射波長、 $R(\lambda)$  は入射にあける反射率である。 $I(\lambda)$  は入射にあける閃光の強度である。

以下、個々のアーチ電極の代表的例を説明する。

(1)ヒソを加速エネルギー - 50 keV で、 $5 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.45 のウエハーを 550°C に予偏加熱しておき、このウエハーを  $t = 50$ ,  $E = 15.6$  の閃光で照射すると、ドーピング効率が 40% となり、アーチ不足が生ずる。同様に、 $t$  が 50 以下、その他の予偏加熱の温度、与えられた後工程で実験でもドーピング効率が更に下がり、アーチ不足が生じた。

(2)リンを加速エネルギー - 50 keV で、 $2 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.46 のウエハーを 350°C に予偏加熱しておき、このウエハーを  $t = 70$ ,  $E = 20.0$  の閃光で照射した場合、ドーピング

ウエハーの「ツリ」もなく、良好なアーチが得られる。

(3)上記(2)と同じウエハーを、予偏加熱 300°C とし、 $t = 780$ ,  $E = 29$  の閃光で照射すると、ドーピング効率 70% で「ツリ」もなく、良好なアーチとなる。

(4)リンを加速エネルギー - 50 keV で、 $5 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.5 のウエハーを、あらかじめ 500°C に予偏加熱しておき、 $t = 1000$ ,  $E = 33$  の閃光で照射した場合、ウエハーが変形し、後工程で不良となる、こゝしまう。

(5)ヒソを加速エネルギー - 100 keV で、 $1 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.39 のウエハーを、あらかじめ 500°C に予偏加熱しておき、 $t = 150$ ,  $E = 18$  の閃光で照射すると、ドーピング効率が 90% となり、非常に良いアーチができる。

又ホウ素を加速エネルギー - 50 keV で、 $5 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.5 のウエハーを、予偏加熱 500°C とし、 $t = 400$ ,  $E = 27$  の閃光で照射すると、ドーピング効率は 75% となる。

ドーピング効率は 90% でみると(3)はアーチ良好)。

(6)上記(5)と同じウエハーを、予偏加熱 500°C,  $t = 70$ ,  $E = 12.2$  の閃光で照射すると、ドーピング効率は 50% であり、十分運用に供しうるものとが得られる。

(7)オクソチ酸鉄エネルギー - 50 keV で、 $5 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.41 のウエハーを 600°C に予偏加熱しておき、このウエハーを  $t = 400$ ,  $E = 30$  の閃光で照射すると、ウエハーの表面が爆発して 0.1~0.3 μm の凹凸が生じ、表面クラックも発生する(アーチ不良)。

(8)ヒソを加速エネルギー - 100 keV で、 $2 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.39 のウエハーを、予偏加熱 400°C とし、 $t = 150$ ,  $E = 13.5$  の閃光で照射すると、ドーピング効率は 42% となる(アーチ不良)。

(9)リンを加速エネルギー - 50 keV で、 $5 \times 10^{15}$  個/cm<sup>2</sup> 打ち込んだ。反射率  $\bar{R}$  が 0.46 のウエハーを、予偏加熱 540°C とし、 $t = 780$ ,  $E = 3.95$  の閃光で照射すると、ドーピング効率が 100% となる。

(アーチ良好)。

以上の代表的例及び他の多くの実験から、直線 X<sub>2</sub> を越える区域では、大体において、凹凸、クラック、「ツリ」、やがみ等の不良がみられ、直線 X<sub>1</sub> を超えない区域では、ドーピング効率で 45% 未満たず、 $t$  が 70~780 の範囲で、X<sub>1</sub> と X<sub>2</sub> との間の区域であれば、ドーピング効率は 45% 以上である。物理的な変形も少なく、良好なアーチが達成される。

本発明は以上の説明からも理解されるように、イオン打ち込み法の半導体シリコンのアーチを打るにあたって閃光放電打から閃光照射を利用するものであるが、スマートアシスト法を併用し、予偏加熱温度、ウエハーの反射率、閃光のパルス巾、照射エネルギー等を考慮してうえで、ドーピング効率が 45% 以上でしかも良好なアーチが達成される新規なアーチ方法を提供するものであり、パルス巾(半波高長)と(マイクロ秒)が 70~780 である。

$$2.3 \times 10^{-3} t^{0.28} \leq \frac{(1-\bar{R}) \cdot E}{1410 - T_A} \leq 3.8 \times 10^{-3} t^{0.28}$$

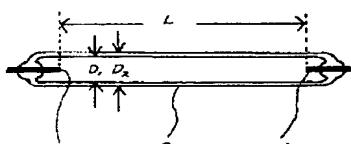
なる条件を維持することによるものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

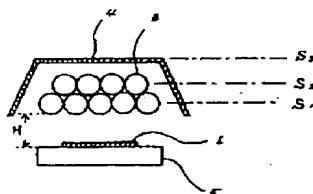
第1図は、本発明に使用する閃光放電管の一例の説明図、第2図は、本発明に使用するアニール炉の一例の本部の概略の説明図、第3図は、データの説明図であって、1は、1対の電極、2は封体にして、3は閃光放電管、4は反射ミラー、5は試料台、6はウェハを大々示す。

図面の添書(内容に変更なし)

第1図



第2図



手 続 楠 正 書 (自発)

昭和56年5月22日

特許庁長官 島田春樹 殿

特許庁審査官

#### 1. 事件の表示

昭和56年 特許 第46256号

#### 2. 発明の名称

シリコン半導体のアニール方法

#### 3. 補正をする者

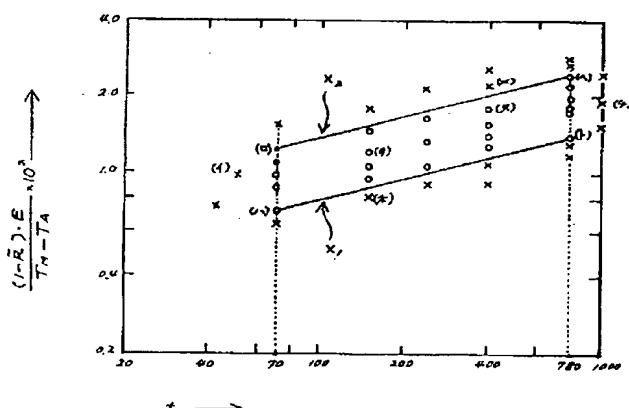
事件との関係 特許 出願人

住所 東京都千代田区大手町2丁目6番1号

明日東海ビル19階

名称 ウシオ電機株式会社

代表者 末下幹 湯本太郎



第3図

#### 4. 補正により増加する発明、範囲

なし

#### 5. 補正の対象

- (1) 明細書
- (2) 図面

#### 6. 補正の内容

- (1) 別紙の通り訂正します。
- (2) 別紙の通り清書した図面を提出します。



## (訂正) 明細書

## 1. 発明の名称

シリコン半導体のアニール方法

## 2. 特許請求の範囲

あらかじめ温度 $T_A$ (℃)に予備加熱されたシリコン半導体を、閃光放電灯からの閃光照射でアニールするにあたって、シリコン半導体の反射率を $\widetilde{R}$ 、閃光のパルス巾( $\frac{1}{2}$ 波高長)を $t$ (マイクロ秒)、シリコン半導体上における照射強度を $E$ (ジュール/cm<sup>2</sup>)とした時、 $t$ が、 $70 \leq t \leq 780$ の範囲であって、

$$2.3 \times 10^{-3} t^{0.27} \leq \frac{(1-\widetilde{R})E}{1410-T_A} \leq 3.8 \times 10^{-3} t^{0.28}$$

なる関係が維持される条件でアニールすることを特徴とするシリコン半導体のアニール方法。

## 3. 発明の詳細な説明

本発明は、シリコン半導体のアニール方法に関する。

シリコン半導体を基板として、種々のIC、LSI等を製作する場合、不純物イオンとしてリン(P)、ホウ素(B)、ヒン(Ag)等を高エネ

ルギーでイオン打ち込みすることが行なわれる。

この場合、良く知られているように、シリコン半導体に結晶損傷が生ずるので、このイオン打ち込み工程後、必ず結晶損傷回復のためのアニール工程を必要とする。

従来、このアニール工程では、電気炉法とレーザービーム法とが知られているが、いずれも実用上問題が多く、ごく最近では、閃光放電灯による閃光照射を利用することが検討されている。

閃光放電灯は周知の如く、一般には、ガラス製特殊なもので透光性セラミック製の封体バルブを有し、閃光照射の強度を大きくすると閃光放電灯の使用寿命が著しく短くなる欠点があるとともに、シリコン半導体の表面は平滑性を高くするために鏡面加工されているので、したがって、反射率が大きいのでシリコン半導体上における照射強度を定めるだけでは、必ずしも良好なアニールは実行できない。例えば、ドーピング効率45%以上のアニールを閃光放電灯の照射のみで実行しようとすると実際にはかなりの困難をともなう。

は、

$$T_M - T_A = a \cdot (1 - \widetilde{R}) \cdot E \cdot t^b \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

の式で与えて良い。そして更に、式(2)を変形して $a$ を $a'$ 、 $b$ を $b'$ と置き替えると、

$$(1 - \widetilde{R}) \cdot E = (T_M - T_A) \cdot a' \cdot t^{b'} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

もしくは

$$\frac{(1 - \widetilde{R}) \cdot E}{T_M - T_A} = a' \cdot t^{b'} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

として良い。

本発明は係る観点から、予備加熱温度、反射率、パルス巾、照射エネルギー等の要因を考慮したりえでドーピング効率が45%以上で、良好なシリコン半導体のアニール方法を提供することを目的としてなされたものであって、その特徴とするところは、あらかじめ温度 $T_A$ (℃)に予備加熱されたシリコン半導体を閃光放電灯からの閃光照射でアニールするにあたって、シリコン半導体の反射率を $\widetilde{R}$ 、閃光のパルス巾( $\frac{1}{2}$ 波高長)を $t$ (マイクロ秒)、シリコン半導体上における照射強度を $E$ (ジュール/cm<sup>2</sup>)とした時、 $t$ が $70 \leq t \leq 780$ の範囲であって

ところで、反射率 $\widetilde{R}$ を有するシリコン半導体に、パルス巾( $\frac{1}{2}$ 波高長) $t$ (マイクロ秒)の閃光でシリコン半導体上における照射強度 $E$ (ジュール/cm<sup>2</sup>)を与えると、シリコン半導体の表面の上昇温度は、パルス巾がおよそ50マイクロ秒以上では、近似的に次式で与えられる。

$$T \text{ (℃)} = a \cdot (1 - \widetilde{R}) \cdot E \cdot t^b \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式(1)において、 $a$ はその物質の特定の温度における、熱伝導率、密度、比熱等で定まる定数、 $(1 - \widetilde{R}) \cdot E$ は、その物質に吸収された単位面積当たりのエネルギーである。したがって、アニール温度の上限値を $T_M$ 、予備加熱された温度を $T_A$ とすると、閃光照射によって昇温してやれば良い温度差

$$2.3 \times 10^{-3} t^{0.27} \leq \frac{(1-R)}{1410 - T_A} \leq 3.8 \times 10^{-3} t^{0.28}$$

なる関係が維持される条件でアニールすることにある。

以下図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。

第1図は本発明に使用する閃光放電灯の説明図であつて、1は一对の電極、2は封体バルブであつて、アーカ長さは40mm、バルブ内径D<sub>1</sub>は8mm、外径は10mmの寸法を有する直管状のものを示す。この閃光放電灯3を、第2図に示すように、平面S<sub>1</sub>内に5本、平面S<sub>2</sub>内に4本、合計9本がチドリ状に密接して配置され、この9本の閃光放電灯群によつて、約50mm×40mmの閃光面光源が形成されるよう配置する。そして、平面ミラー4を、平面S<sub>3</sub>に近接した平面S<sub>3</sub>内に配置し、ヒーター等で予備加熱できるようにした試料台5を、光源から約10mm(=H)離間して配置して、全体をアニール炉として構成する。

第2図のアニール炉において、シリコン半導体のウェハー6は、試料台上に配置されることにな

るが、ウェハー上における照射強度E(ジュール/mm<sup>2</sup>)及びパルス巾t(マイクロ秒)は、閃光放電灯に供給される電気入力及び電気回路条件を変えることによって、また予備加熱温度T<sub>A</sub>(℃)はヒーターの温度を変えることによって、種々の値を選択でき、アニール実験に供したウェハーは、結晶損傷の深さが大体0.2μm~1.0μm、ウェハーの厚みは、300μm~650μmのものをサンプルとしている。

第3図は予備加熱温度T<sub>A</sub>、照射エネルギーE、パルス巾tを変えて測定した多数の実験結果を、よこ軸をt、たて軸を $\frac{(1-R)}{T_M - T_A}$ として整理したものであつて、×印はアニール不足または不良、○印はアニール良好を示し、tが70~780の範囲内で、直線X<sub>1</sub>とX<sub>2</sub>との間の区域が、良好なアニールが出来ることを示している。そして、このデータの数値にもっともよく適合するよう式(5)の定数T<sub>M</sub>およびa'、b'を求め、T<sub>M</sub>=1410(℃)、X<sub>1</sub>におけるa'=2.3×10<sup>-3</sup>、b'=0.27、X<sub>2</sub>におけるa'=3.8×10<sup>-3</sup>、b'=0.28を決定した。又、反射率Rは、次

式(5)で定義している。

$$\bar{R} = \frac{\int R(\lambda) \cdot I(\lambda) d\lambda}{\int I(\lambda) d\lambda} \quad (5)$$

ここにおいて、λは波長、R(λ)はλにおける反射率、I(λ)はλにおける閃光の強度である。  
(第3圖の範囲以下の)

以下、個々のアニール実験の代表的例を説明する。

(1) リンを加速エネルギー50KeVで、 $5 \times 10^{15}$ 個/mm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.45のウェハーを550℃に予備加熱しておき、このウェハーを、t=50、E=15.6の閃光で照射した場合、ドーピング効率が40%となり、アニール不足が生ずる。同様に、tが50以下、その他予備加熱の温度、与えるEを変えた実験でもドーピング効率が更に下がり、アニール不足が見られる。

(2) リンを加速エネルギー50KeVで、 $2 \times 10^{15}$ 個/mm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.46のウェハーを550℃に予備加熱しておき、このウェハーを、t=70、E=20.0の閃光で照射した場合、ドーピング効率は90%である(アニール良好)。

(3) 上記(2)と同じウェハーを、予備加熱500℃、t=70、E=12.2の閃光で照射すると、ドーピング効率は50%であり、十分実用に供しうるもののが得られる。

(4) ホウ素を加速エネルギー50KeVで、 $5 \times 10^{15}$ 個/mm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.41のウェハーを、t=400、E=30の閃光で照射すると、ウェハーの表面が熔融して0.1~0.3μmの凹凸が生じ、表面クラックも発生する(アニール不足)。

(5) リンを加速エネルギー100KeVで $2 \times 10^{15}$ 個/mm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.39のウェハーを、予備加熱400℃として、t=150、E=13.5の閃光で照射すると、ドーピング効率は42%と低い(アニール不足)。

(6) リンを加速エネルギー50KeVで $5 \times 10^{15}$ 個/mm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.46のウェハーを、予備加熱540℃とし、t=780、E=39.5の閃光で照射すると、ドーピング効率が100%にも達し、ウェハーの「ソリ」もなく、

良好なアニールが得られる。

(b) 上記(c)と同じウエハーを、予偏加熱300°Cとし、t = 780、E = 29の閃光で照射すると、ドーピング効率90%で「ソリ」もなく、十分実用に耐える。

(c) リンを加速エネルギー50KeVで、 $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.39のウエハーを予偏加熱500°Cとし、t = 1,000、E = 33の閃光で照射した場合、ウエハーが変形し、後工程で不良となってしまう。そこでt=1000においては他の実験でもウエハーの変形が止まらる欠点がある。

(d) ヒ素を加速エネルギー100KeVで、 $1 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.39のウエハーを、あらかじめ500°Cに予偏加熱しておき、t = 150、E = 18の閃光で照射すると、ドーピング効率が90%となり、非常に良いアニールができる。

(e) ホウ素を加速エネルギー50KeVで $5 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>2</sup>打ち込んだ、反射率Rが0.39のウエハーを予偏加熱500°Cとし、t = 400、E = 27の閃光で照射すると、ドーピング効率は95%とな

る(アニール良好)。

以上の代表的例及び他の多くの実験から、直線X<sub>2</sub>を越える区域では、大体において、凹凸、クラック、「ソリ」、ゆがみ等の不良がみられ、直線X<sub>1</sub>に満たない区域では、ドーピング効率で45%に満たず、tが70~780の範囲で、X<sub>1</sub>とX<sub>2</sub>との間の区域であれば、ドーピング効率も45%以上でかつ、物理的な変形もなく、良好なアニールが達成される。

本発明は以上の説明からも理解されるように、イオン打ち込み後の半導体シリコンのアニールをするにあたって閃光放電灯からの閃光照射を利用するものであるが、サマールアシスト法を併用し、予偏加熱温度、ウエハーの反射率、閃光のパルス巾、照射エネルギー等を考慮したうえで、ドーピング効率が45%以上でしかも良好なアニールが達成される新規なアニール方法を提供するものであり、パルス巾( $\frac{1}{2}$ 波高長)と(マイクロ秒)が70~780において、

$$2.3 \times 10^{-3} t^{0.27} \leq \frac{(1-R)}{1410 - T_A} \leq 3.8 \times 10^{-3} t^{0.28}$$

#### (自発)手続補正書

昭和56年6月5日

特許庁長官 島田春樹殿

##### 1. 事件の表示

昭和56年特許願第46256号

##### 2. 発明の名称

シリコン半導体のアニール方法

##### 3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都千代田区大手町2丁目6番1号

朝日東海ビル19階

名称 ウシオ電機株式会社

代表者 湯本大輔



##### 4. 補正によって増加する発明の数

なし

##### 5. 補正の対象

(1) 明細書

##### 6. 補正の内容

(1) 昭和56年5月25日提出の(訂正)明細書の  
第8頁第1行<sup>65</sup>「第65」とあるのを、「一

を 600℃に予備加熱しておき、このウエハー  
を、「」と訂正する。